

Optokinetic motion sickness が 自律神経機能におよぼす影響

† 塩見真由美

¹⁾ 明治鍼灸大学 大学院 臨床鍼灸学 I

要旨：

【目的】 motion sickness発症時の自律神経機能について、同時測定で得られた複数のパラメーターを用いて評価すると共に、眼振電図による視覚入力の変動についても検討した。

【方法】 健康人被験者15名を対象に、optokinetic drumを用いて、15分間のdrum回転負荷を行った。回転負荷前、回転負荷中、および回転負荷後の各15分間、計45分間にわたり胃電図 (EGG)、皮膚交感神経反応 (SSR)、瞬時心拍数 (HR)、眼振電図 (ENG)を記録し、drum回転負荷によるそれらへの影響について比較検討した。

【結果】 drum回転負荷により、自覚的または他覚的自律神経症状の発現の有無にかかわらず、経時的なEGGの正常波成分の減少、SSRの増加、およびENGによる平均眼球運動周波数の増大有意に認められた。また、自律神経「症状あり群」では、「症状なし群」と比較して回転負荷中及び回転負荷後にEGGの正常波成分の減少とSSR、HR、ENGによる平均眼球運動周波数の有意な増加を認めた。

【考察】 optokinetic drum回転負荷により誘発された求心情報である視運動性眼振は、motion sickness症状を誘起し、遠心性に自律神経機能に影響を及ぼすことが示された。

I. はじめに

ヒト自律神経機能に対する鍼灸刺激の作用を検討した実験研究は、すでに数多く報告されている¹⁻⁵⁾。しかし、これまでの報告は健康人を対象としており、鍼灸刺激による、臓器・器官の活動の変化を示した内容が中心となっている。実際、自律神経機能異常に伴って出現する臓器や器官の活動異常を客観的に評価し、鍼灸治療の効果を示した報告は極めて少ないのが現状である^{6, 7)}。

そこでわれわれは、Sternら⁸⁾が考案したのと同様のoptokinetic drumを作製し、前庭-自律神経反射によって誘発される視覚性動揺病 (optokinetic motion sickness) を実験的に誘起し、これを鍼灸領域に適用してきた⁹⁾。motion sicknessとは、1881年にIrwinにより¹⁰⁾命名された言葉で、いわゆる「乗り物酔い」を意味している。主な症状としては、嘔気、嘔吐、発汗、めまい感、および頭痛 (頭重感) などの自律神経症状が挙げられる^{11, 12)}。なかでも嘔気は高い頻度で誘

発されるため^{13, 14)}、われわれは以前の研究⁹⁾において、鍼刺激によるmotion sicknessでの嘔気抑制効果を検討してきた。その結果、内関穴(PC6)への鍼刺激はmotion sicknessによる嘔気を抑制するとともに、胃電図のdysrhythmiaをも減少させることを示した。これはmotion sicknessの症状のうち、嘔気のみに着目し、生理学的指標として胃電図により鍼の効果を検討したものに過ぎない。そのため、自律神経機能症状に対する鍼灸の効果を検証する際には、motion sicknessの全体像を複数の生理学的パラメーターから客観的に評価する必要があるものと考えていた。だが、これまでに、motion sicknessに伴う複数の臓器・器官の変化を同時に観察し、また、その入力経路である眼球運動動態をも合わせて検討した報告は見受けられない。そのため、motion sicknessに対する鍼灸の効果を評価する前段として、先ず、これらの基本的な事項を検証すべきと考えた。

本研究では、motion sicknessに伴う自律機能

平成17年3月18日受付、平成17年3月25日受理

Key Words：動揺病 motion sickness, 胃電図 electrogastrogram, 眼振電図 electronystagmogram, 瞬時心拍数 instantaneous heart rate, 交感神経性皮膚反応 sympathetic skin response

† 連絡先：〒629-0392 京都府南丹市日吉町保野田ヒノ谷6 明治鍼灸大学 外科学教室

Tel:0771-72-1181/Fax:0771-72-0394

の変化を反映する生理学的指標として、胃電図 (electrogastrogram:EGG)、交感神経性皮膚反応 (sympathetic skin response:SSR)、瞬時心拍数 (instantaneous heart rate:HR) を同時に記録し、さらに、眼振電図 (electronystagmogram:ENG) を記録した。これらを合わせて記録することで、motion sickness誘発時における視覚入力条件と自律神経機能の変化との相関を解析した。

II. 対象と方法

1. 対 象

健康人被験者15名 (男性9名・女性6名平均年齢 25.6 ± 3.8 歳) を対象とした。被験者として、消化器疾患、内耳疾患、および中枢神経系疾患の既往歴のないものを対象とした。実験前4時間以上絶飲食とした。

本研究は、明治鍼灸大学研究倫理委員会の承認を得、実験前に口頭および書面で被験者に実験内容を説明し同意を得て遂行した。

2. motion sickness の誘発方法

optokinetic drumは既報の如く⁹⁾ 直径75cm、高さ91.5cmの円筒形drumで、drum内面には幅6.2cm、と3.8cmの縦のストライプがおのおのの白色と黒色で交互に描かれているものを使用した。被験者をdrumの中心部に位置するようにイスに開眼して座らせ開眼の状態で、 $60^\circ/\text{sec}$ の速さで、時計周り方向にdrumを15分間回転させた。研究中、drum内部に設置したCCDカメラにより被験者の状態を外部モニターで観察した。実験プロト

コールはdrum回転前15分間、回転中15分間、および回転後15分間の計45分間で構成された (図1)。

ただしdrum回転負荷中に、被験者が嘔気やその他の症状を訴え、耐えられない場合には、即座にdrumの回転を停止した。

15分間のdrum回転負荷終了直後に、自律神経症状の発現の有無を確認するため、「嘔気」、「頭痛」、「発汗」、「熱感 (ほてり感)」、「眠気」、「唾液分泌量の増加」の有無をインタビューにて聴取した。これらの症状の一つでも訴えた場合には、自律神経症状が発現したものと評価した。

3. 胃電図の記録と解析方法

胃電図の記録はポータブル型胃電図記録計 (二プロ胃電計EG) を使用した。正中線上の胸骨剣状突起と臍の中間点に基準電極を、左右鎖骨中央線上で胸骨剣状突起から基準電極までの中間点の季肋部と、基準電極から臍までの中間点外方の4ヶ所に記録電極を装着し、sampling 1秒の設定で胃電図を記録した。記録データをパーソナルコンピュータに転送した後、専用解析ソフト (EGS2: (株)グラム社製) で、256秒毎に fast Fourier transform (FFT) を用いて周波数解析を行い、power spectrumを描出した。解析は、既報⁹⁾と同様に、0-9 (cycle / minitus : cpm) を胃電図の帯域と定義し、このうち2-4cpmの正常波成分として、経時的に正常波成分の占めるpowerの割合を算出した。また、running power spectrumを用いて1分ごとの胃電図の経時的な推移を3次元的に表示した。

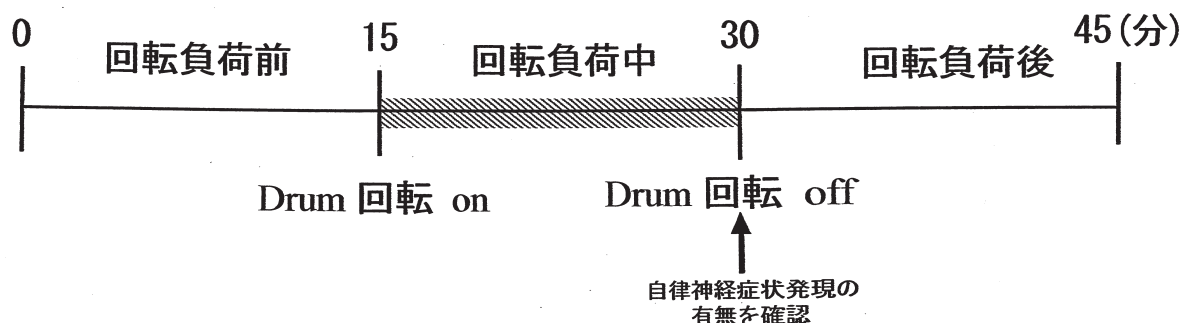


図1 drum回転負荷のプロトコール

回転負荷前・回転負荷中・回転負荷後の各15分間、合計45分間被験者を、白と黒の縦ストライプが交互に描かれたドラム内部に座らせ、回転負荷はテレビモニターで監視しながら時計回りに $60^\circ/\text{sec}$ の速度で、15分間回転させた。

4. 交感神経性皮膚反応計測法

交感神経性皮膚反応 (sympathetic skin response: SSR) は、左手手掌と示指爪上部に基準電極を、また左手手背からアースをとり、銀-塩化銀皿電極を装着し、high cut filter 30Hz, time constant 1.5secの設定にてポリグラフ366 (専用バイオアンプ4124, NEC三栄製) を用いて測定した。記録データはA/Dコンバータ (Mac Lab8s) を介し、50HzのLow pass filterを経て、sampling 500msecの設定でパーソナルコンピュータに取り込んだ。解析にはChart4.2 (AD Instruments製) を用いて、記録データを整流した後に60秒毎の積分値を算出した。

5. 瞬時心拍数の算出法

心電図は、胸骨上縁と左第6肋間腋下線上および、腋下線上右第六肋間に、アースとなる銀-塩化銀皿電極を装着し、high cut filter 30Hz, time constant 0.03secの設定にてポリグラフ366 (専用バイオアンプ4124, NEC三栄製) で測定した。記録データはA/Dコンバータを介し50HzのLow pass filterを経て、sampling 500msecの設定でパーソナルコンピュータに取り込んだ。得られた心電図R-R間隔より、Chart4.2 (AD Instruments製)を用いて瞬時心拍数を算出した。

6. 眼球運動周波数の算出について

眼振電図による計測のため、皮膚の角質を除去し、右外眼角部に陽極、左外眼角部に陰極の銀-塩化銀皿電極を装着し、前額部中央にアースを置いた。ポリグラフ366 (専用バイオアンプ4124, NEC三栄製) はhigh cut filter 30Hz, time constant 0.03secで用いた。記録データは、A/Dコンバータを介して、Low pass filter (50Hz) を経て、sampling 100msecの条件下でパーソナルコンピュータに取り込んだ。データの解析は、Chart4.2 (AD Instruments製) を用いfast Fourier transform (FFT) により周波数解析を行い、sampling rateは512point, 取り込み時間は64secの条件下で、power spectrumを得、中心周波数を求めこれを眼球運動周波数とした。

7. 統計

統計処理には、標準統計ソフトウェアStat View ver5.02 (Abacus Concepts, inc製) を用いた。経時的なEGG, SSR, HR, およびENGについて、Bartlett検定により「症状あり群」と「症状なし群」の両群の分散が等しいことを確認したのちに、有意水準を5%未満として、二元配置分散分析を行った。drum回転負荷に伴う群内比較には、有意水準を5%未満としてDunnett検定を用いた。なお、motion sicknessの「症状あり群」と「症状なし群」におけるdrum回転負荷中時および回転負荷後の各指標の群間比較には有意水準を5%未満としてMann-whitney 検定を用いた。

HRについては群間比較を行うに際し、回転負荷前の基線の値が大きくことなっていたため、回転負荷前に対する回転負荷中と、回転負荷後の値の比率を算出し、「症状あり群」と「症状なし群」の2群間を比較した。

Ⅲ. 結果

1. drum 回転負荷とmotion sickness 発現

drumの回転負荷による、motion sicknessの自律神経症状 (嘔気、嘔吐、頭痛、発汗、熱感、眠気、および唾液分泌量の増加) が発現し、15分間の回転負荷を完遂出来たのは15名中6名で、これらを「症状あり群」とした。一方、それらの症状が全く発現しなかった6名を、「症状なし群」とした。なお、回転負荷中での強い嘔気のため15分間の回転負荷を完遂出来なかった3名は、データ解析から除外した。

2. drum回転負荷による胃電図 (EGG) の正常波成分の変化

EGGにおける正常波成分の1分毎の経時的な変化を図2に示した。「症状あり群」、「症状なし群」とともに有意な経時的な変化が得られた (「症状あり群」: $p < 0.0001$, 「症状なし群」: $p < 0.005$. 二元配置分散分析). ことに「症状あり群」ではdrum回転負荷開始後約5分から正常波成分の急激な減少が見られ、drum回転負荷終了後にその漸増が認められた。回転負荷前、回転負荷中、および回転負荷後各15分間におけるEGGの正常波成分の割合を群内で比較すると (図3-1, 図3-2), 「症状あり群」では、回転負荷前と比し、回転負

荷中と回転負荷後の各々において統計的に有意な減少が得られた ($P<0.0001$, Dunnett検定) 一方, 「症状なし群」では回転負荷前と比し, 回転負荷中と回転負荷後の各々において有意な変化は得られなかった (Dunnett検定). 「症状あり群」と「症状なし群」の各々 1 例について running power spectrum を事例的に示す. drum 回転負荷により自律神経症状が誘発された例では, 回転に伴い EGG の正常波成分の占める割合が減弱し dysrhythmia を呈した (図4-1). 一方, 自律神経症状が誘発されない例では dysrhythmia の出

現はなく, 安定した EGG の power が出現し続けた (図4-2).

3. 皮膚交感神経反応 (SSR) の drum 回転負荷による変化

「症状あり群」と「症状なし群」について経時的に SSR の 1 分毎の整流積分値を図 5 に示した. 「症状あり群」では, 経時的に有意な変化が得られた (「症状あり群」: $p<0.0001$ 二元配置分散分析). 「症状あり群」では drum 回転負荷開始直後から値は急激に増加した. drum 回転負荷終了後には,

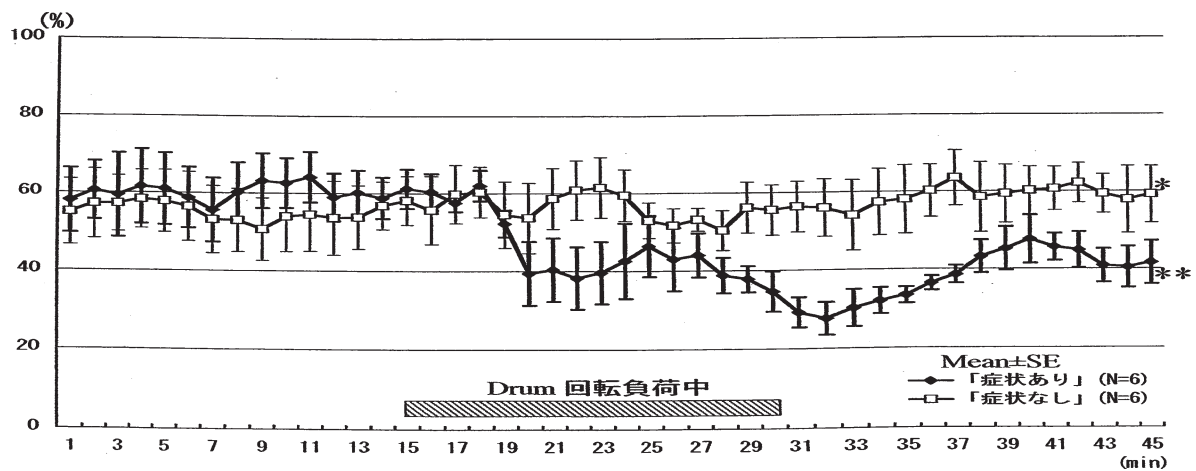


図 2 胃電図正常波成分の割合の drum 回転負荷による経時的な変化

「症状あり群」, 「症状なし群」とともに, 胃電図の正常波成分の経時的な変化に有意な変化が認められた ($** : p<0.0001$, $* : p<0.005$, 二元配置分散分析). 「症状あり群」では, 回転負荷に伴う急激な減少が認められ, 回転後徐々に回復する傾向が見られた.

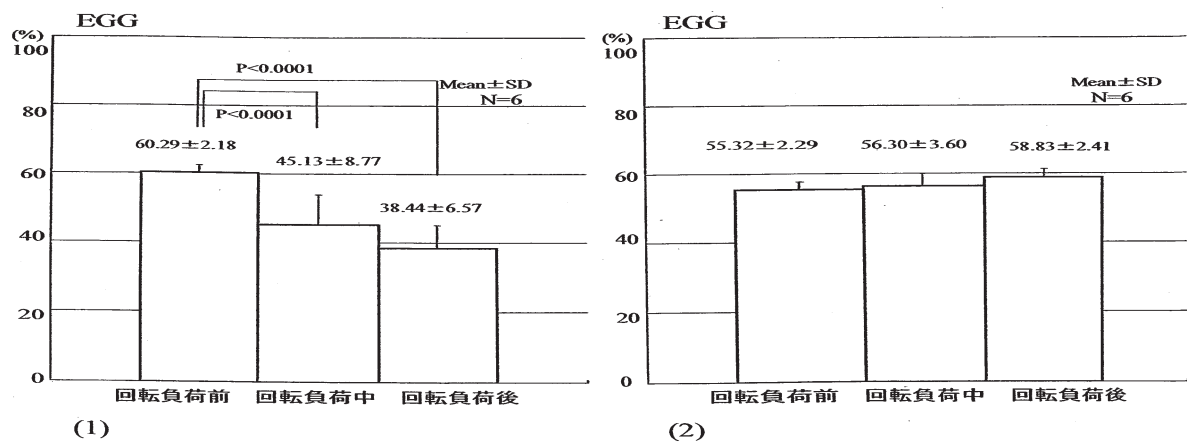


図 3 胃電図正常波成分の 15 分間平均値

図3-1 「症状あり群」における drum 回転負荷による胃電図の正常波成分の割合の 15 分間平均値の変化
回転負荷前に比し回転負荷中, 回転負荷後の各々において有意な減少を認めた ($p<0.0001$, Dunnett検定). 正常波成分は, 回転負荷後において最も低かった.

図3-2 「症状なし群」における drum 回転負荷による胃電図の正常波成分の割合の 15 分間平均値の変化
回転負荷前に比し回転負荷中と回転負荷後の各々において有意な変化は見られず, ほぼ安定した正常波成分が維持された.

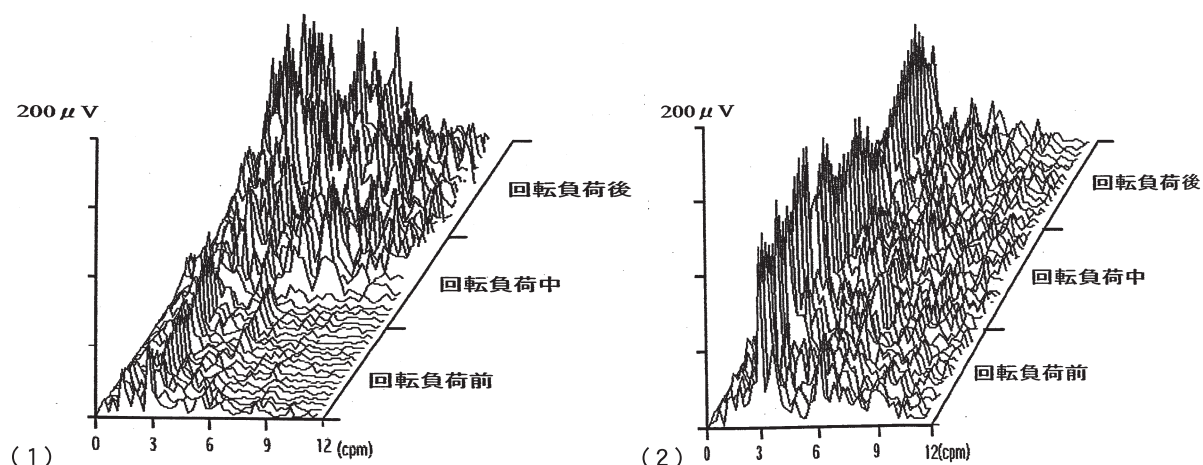


図4 胃電図のrunning power spectrum

図4-1 「症状あり群」胃電図のrunning power spectrumの1例

drum回転負荷前は胃電図の正常な周期である3cpm付近にあったpowerが、回転負荷開始直後より乱れdysrhythmiaを呈した。

図4-2 「症状なし群」の胃電図のrunning power spectrumの1例

drum回転負荷による影響は認められず、回転負荷前と同様に3cpmを中心とした帯域に規則的で安定したpowerが示された。

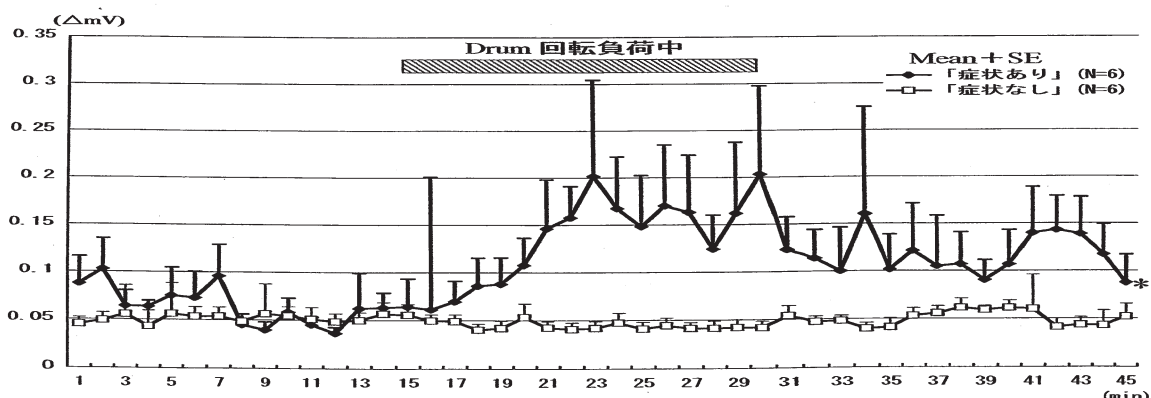


図5 皮膚交感神経反応 (SSR) のdrum回転負荷による経時的な変化

「症状あり群」、「症状なし群」ともに、皮膚交感神経反応の経時的な変化に有意な変動が認められた (**: $p < 0.0001$, *: $p < 0.01$, 二元配置分散分析)。「症状あり群」ではdrum回転負荷直後より顕著に増加し、回転負荷後徐々に減少する傾向がみられた。一方「症状なし群」では、このように著名な変化はみられなかった。

漸減した。一方、「症状なし群」ではこのように顕著な変化は認められなかった ($p < 0.01$, 二元配置分散分析 図5)。回転負荷前に対する回転負荷中、回転負荷後各15分間の値を群内で比較すると (図6-1, 図6-2)、「症状あり群」では、回転負荷前と比べて回転負荷中および回転負荷後において、統計的に有意な増加が得られた (回転負荷中: $P < 0.0001$, 回転負荷後: $P < 0.01$, Dunnet検定 図6-1)。一方、「症状なし群」ではそれらにおいて有意な差は得られなかった (Dunnet検定) (図6-2)。

4. 瞬時心拍数 (HR) の drum 回転負荷による変化

HRの経時的な変化については (図7)、「症状

あり群」で僅かに増加する傾向が見られた。しかし「症状あり群」と「症状なし群」の両群ともに統計的に有意な変化ではなかった (二元配置分散分析)。また、「症状あり群」と「症状なし群」の両群における、回転負荷前に対する回転負荷中、回転負荷後、各々15分間平均値の群内比較において、統計的な有意差は得られなかった (Dunnet検定) (図8-1, 図8-2)。

5. 眼振電図 (ENG) の平均眼球運動周波数の drum回転負荷による変化

ENGによる平均眼球運動周波数は、自律神経症状の発現の有無にかかわらず、両群とも経時的に回転負荷中に有意な増加を認めたが、「症状あ

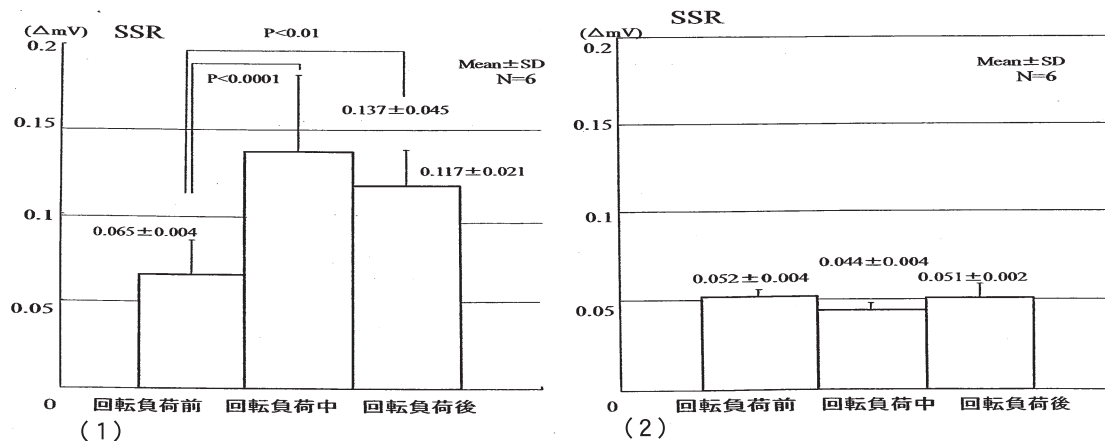


図6 皮膚交感神経反応(SSR)の15分間平均値

図6-1 「症状あり群」における皮膚交感神経反応の15分間平均値の回転負荷による変化

回転負荷前に比べて回転負荷中、回転負荷後において有意な増加を認めた (回転負荷中: $p < 0.0001$, 回転負荷後: $p < 0.01$, Dunnett検定). 回転負荷中に比べて回転負荷後には減少傾向が見られた.

図6-2 「症状なし群」における皮膚交感神経反応の15分間平均値の回転負荷による変化

回転負荷中及び回転負荷後において回転負荷に伴う有意な変化は認められなかった.

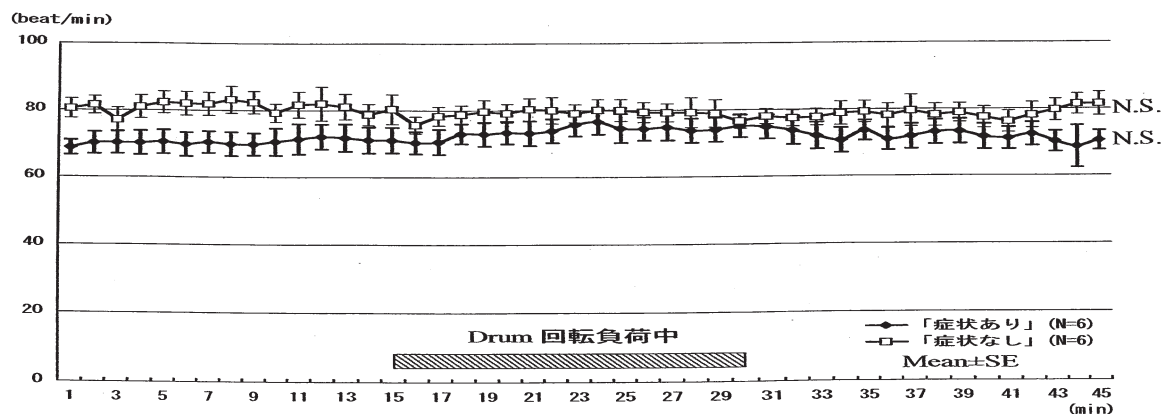


図7 瞬時心拍数 (HR) のdrum 回転負荷に伴う経時的な変化

「症状あり群」でdrum回転中に増加する傾向が見られたが、有意な変動は見られなかった.

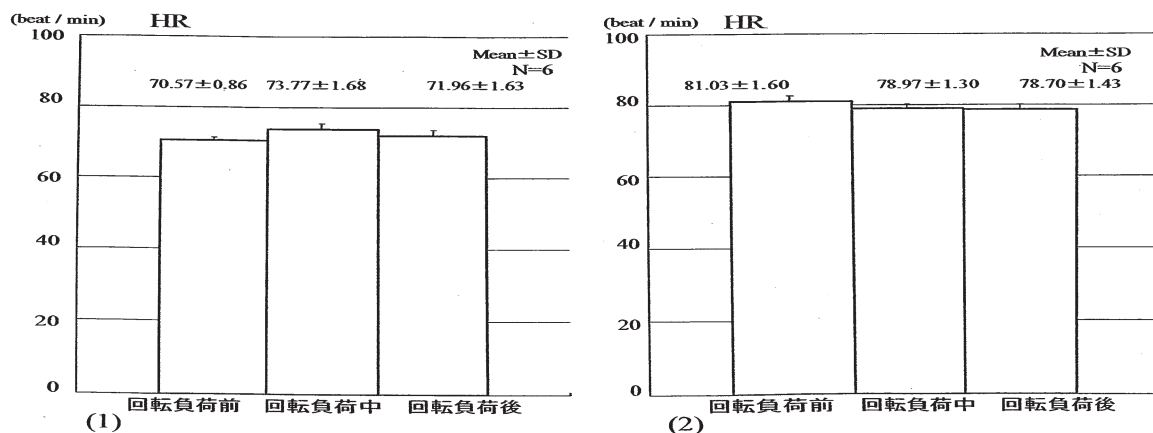


図8 瞬時心拍数 (HR) の15分間平均値

図8-1 「症状あり群」における瞬時心拍数の15分間平均値の回転負荷による変化

回転負荷前に比べて回転負荷中に増加する傾向が認められた. しかし統計的有意差は認められなかった.

図8-2 「症状なし群」における瞬時心拍数の15分間平均値の回転負荷による変化

回転負荷中、回転負荷後のいずれにおいても回転負荷前と同程度の瞬時心拍数平均値がみられ有意な変化は認められなかった.

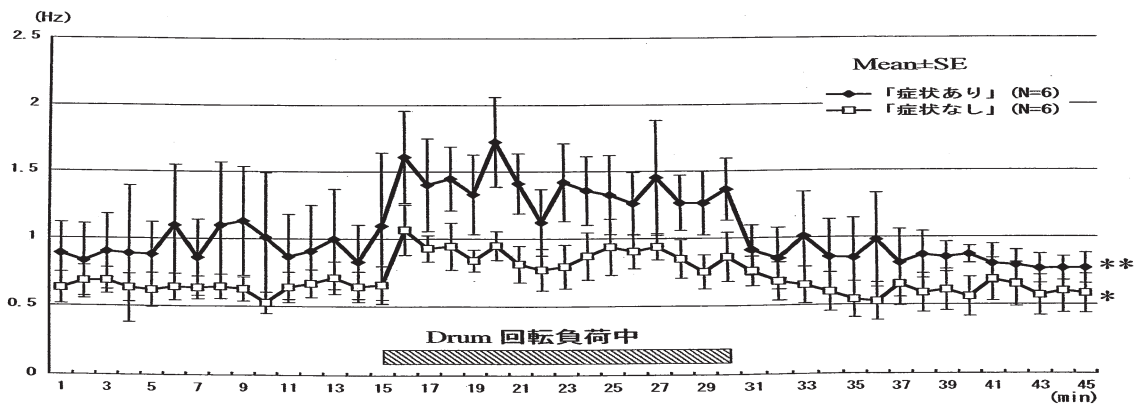


図9 平均眼球運動周波数のdrum 回転負荷に伴う変化

回転負荷開始直後より、自律神経症状発現の有無にかかわらず両群ともに、有意に平均眼球運動周波数が増大した (いずれも $p < 0.0001$, 二元配置分散分析)。ことに、「症状あり群」で顕著に眼球運動周波数が増大した。

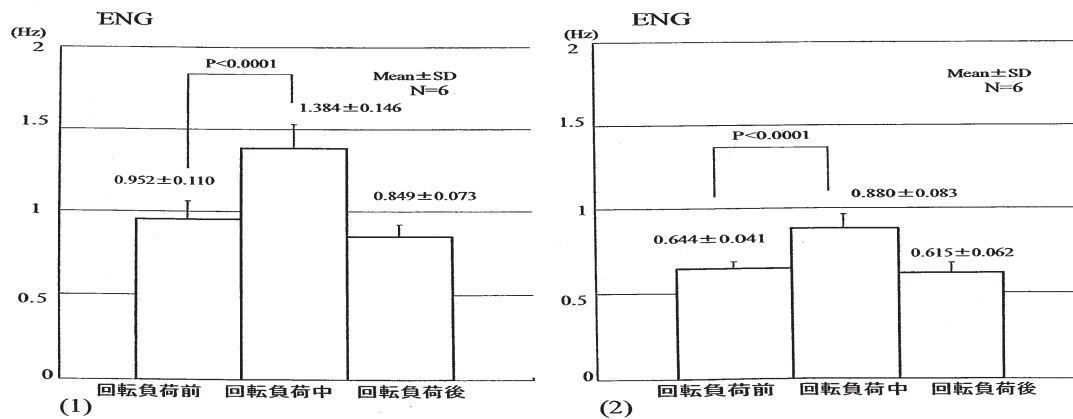


図10 平均眼球運動周波数の15分間平均値

図10-1 「症状あり群」における眼球運動周期の15分間平均値の回転負荷による変化

回転負荷前に比べて回転負荷中で有意な運動周波数の増大が認められた ($p < 0.0001$, Dunnett検定)。回転負荷後においては有意な差は認められなかった。

図10-2 「症状なし群」における眼球運動周期の15分間平均値の回転負荷による変化

回転負荷前に比べて回転負荷中で有意な運動周波数の増大が認められた ($p < 0.0001$, Dunnett検定)。回転負荷後においては有意な差は認められなかった。

り群」の方が「症状なし群」よりも顕著に増加した (図9)。回転負荷前に対する回転負荷中と回転負荷後の各々平均眼球運動周波数の15分間の平均値の比較では、「症状あり群」と「症状なし群」のいずれにおいても、回転負荷中に有意な増大が認められた (いずれも $P < 0.0001$, Dunnett検定 図10-1, 図10-2)。しかし、回転負荷後では両群ともに有意な変化はなく (Dunnett検定), drum 回転負荷停止後すみやかに眼球運動は減少することが示された。

状あり群」の1例における, EGG, HR, ENG, およびSSRの原波形を両群間の目視上の比較のため呈示した。

drum回転負荷によって自律神経症状が引き起こされなかった例 (図11-1) に比べると, 自律神経症状が引き起こされた例 (図11-2) では, drum回転負荷により目視上EGG振幅の増大とdysrhythmiaが顕著に見られた。さらにSSRとENGの振幅の増大がみられた。しかしHRについては, 目視上顕著な変化は見られなかった。

6. 「症状あり群」と「症状なし群」とにおける群間比較

6-1. 原波形による目視上の群間比較

図11-1に「症状なし群」の1例, 図11-2に「症

6-2. drum回転負荷中の胃電図の正常波成分の割合, SSR, HRの比率, および平均眼球運動周波数の15分間平均値における「症状なし群」と「症状あり群」の群間比較。

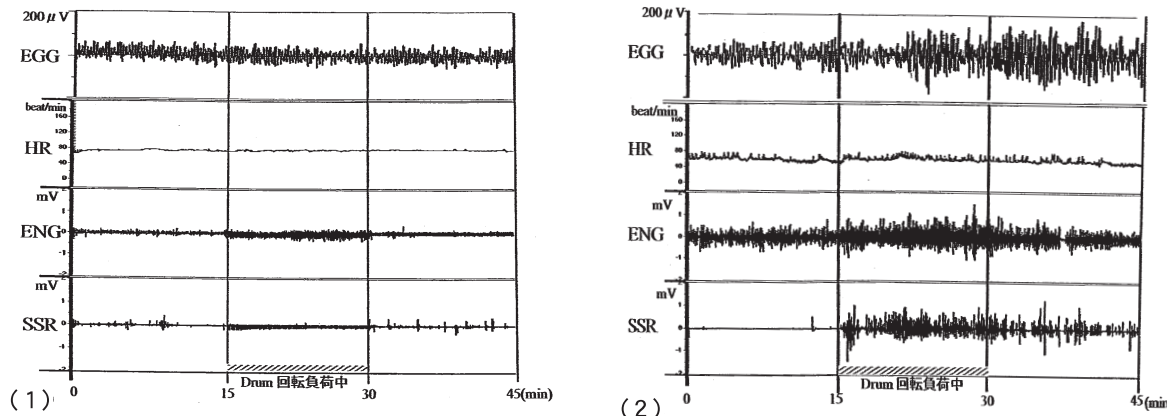


図11 EGG、HR、ENG、およびSSRの原波形

図11-1「症状なし群」におけるEGG、HR、ENG、およびSSRの原波形の1例

全項目において、目視上drum回転負荷による顕著な変化は認められなかった。

図11-2「症状あり群」におけるEGG、HR、ENG、およびSSRの原波形の1例

drum回転負荷により目視上、回転負荷中と回転負荷後において胃電図振幅の増大がみられた。回転負荷中のみにおいてENGとSSRの振幅増加がみとめられる。しかしHRについては、目視上では変動はほとんどみられない。

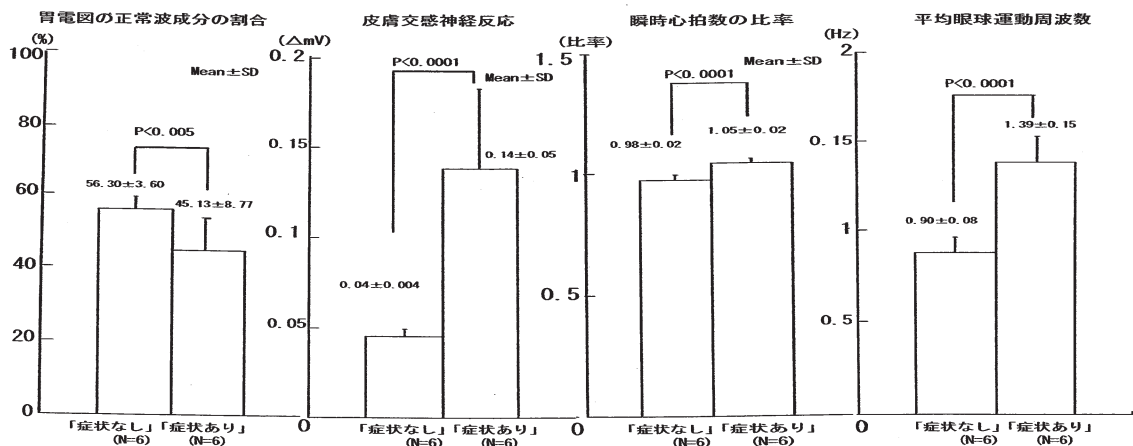


図12 回転負荷中における胃電図の正常波成分の割合、SSR、HRの比率、および平均眼球運動周波数15分間平均値の群間比較

「症状あり群」では、胃電図の正常波成分の有意な減少とSSR、HRの比率、および平均眼球運動周波数において有意な増加が認められた。(Mann-whitney 検定)

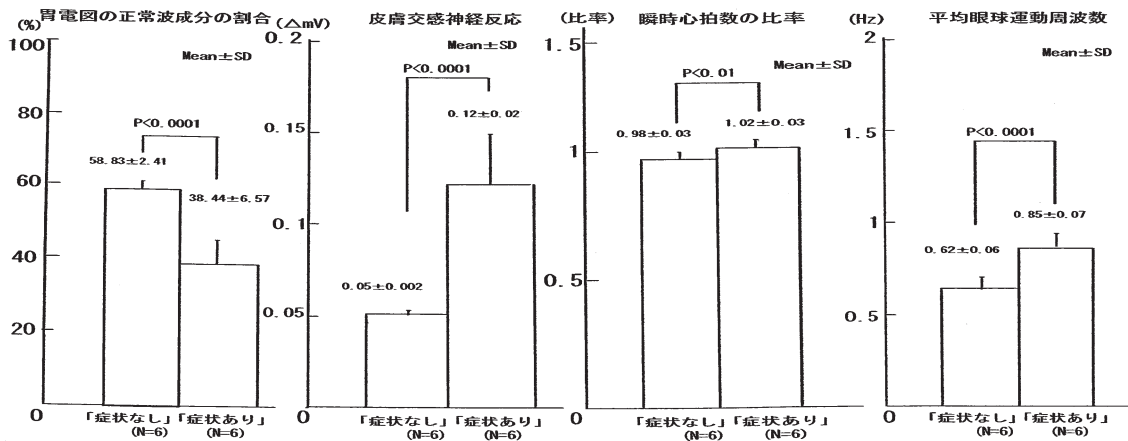


図13 回転負荷後における胃電図の正常波成分の割合、SSR、HRの比率、および平均眼球運動周波数15分間平均値の群間比較

「症状あり群」では、胃電図の正常波成分の有意な減少とSSR、HRの比率、および平均眼球運動周波数において有意な増加が認められた。(Mann-whitney 検定)

図12にdrum回転負荷中における、「症状なし群」と「症状あり群」の胃電図の正常波成分の割合、SSR、HRの比率、および平均眼球運動周波数の15分間平均値の群間比較を示した。回転負荷中では「症状なし群」に比し、「症状あり群」が、胃電図の正常波成分の割合は有意に低く、SSR、HRの比率、および平均眼球運動周波数については有意に高値を示した (Mann-whitney 検定)。

6-3. drum回転負荷後の胃電図の正常波成分の割合、SSR、HRの比率、および平均眼球運動周波数の15分間平均値における「症状なし群」と「症状あり群」の群間比較。

図13にdrum回転負荷後における、「症状なし群」と「症状あり群」の胃電図の正常波成分の割合、SSR、HRの比率、および平均眼球運動周波数の15分間平均値の群間比較を示した。回転負荷後においても、「症状なし群」に比し「症状あり群」が、胃電図の正常波成分の割合は有意に低く、SSRおよびHRの比率、および平均眼球運動周波数は有意に高値を示した (Mann-whitney 検定)。

IV. 考 察

motion sickness誘発が自律神経機能におよぼす影響についての研究はこれまでに多く行われている。¹⁵⁻¹⁷⁾しかし、本研究のように、胃電図 (EGG)、皮膚交感神経反応 (SSR)、瞬時心拍数 (HR)、および眼振電図 (ENG) の同時測定による報告は見られなかった。そこで、今回、motion sicknessによる臓器への影響とその自律機能調節への影響を知る指標としてEGGとHRを用い、さらに、皮膚交感神経機能を評価するためにSSRを用いた。本研究はoptokinetic motion sicknessを誘発する実験デザインで、視覚情報の評価が極めて重要であるため、ENGも同時に測定した。すなわち、optokinetic motion sicknessの入力としてENGを、そしてEGG、SSR、HRを自律神経系を介した出力となるパラメータとして、自律機能に対するoptokinetic motion sicknessの影響を評価することを目的とした。

今回用いたdrum回転負荷による motion sicknessの誘発は、すべての健常人でみられるものではない。実際、本研究において15名中9名で motion sicknessは誘発されたが、6名では誘発

されなかった。そこで、motion sickness症状が出現した群と、出現しなかった群に分類し、それぞれの回転負荷前、負荷中、および負荷後での測定項目における群内変動を検討し、さらに回転負荷中と負荷後での同一測定項目における、両群間の比較検討を行った。

motion sickness 誘発が自律神経機能におよぼす影響を評価する指標の一つとした胃電図 (EGG) は、1922年にAlvarez¹⁸⁾により体表面から胃の平滑筋電気活動を記録する方法として報告された。非侵襲的に測定出来るため、自律神経機能障害や、腹部外科手術後の胃機能の回復過程の評価方法、および嘔気・嘔吐の評価方法として、近年その応用が広がりつつある。optokinetic motion sicknessにおいても、すでにSternら⁸⁾が嘔気の発現に先立ちEGGのdysrhythmiaが出現し、正常波形成分の減少することを示しており、本研究においても図2と図3に示したように「症状あり群」においてそれらと同様な結果が得られた。EGGのdysrhythmiaの出現は、中枢におけるvasopressin, histamine, および5-HTなどの作用によって迷走神経系の過活動が引き起こされる場合および、drum回転負荷自体によるストレス反応として下垂体前葉からadrenocorticotrophic hormone (ACTH) 分泌が促進され、交感神経系の活動が亢進した場合に誘発される¹⁹⁾。今回得られたEGGのdysrhythmiaがどちらの機序によるのかは次のことが示唆される。dysrhythmiaが出現している場合には、EGG自体のpowerが増大している例が多く見受けられた。このような場合は、迷走神経の活動亢進が引き起こされ、嘔気の出現と共にEGGはdysrhythmiaを呈すると考えられる。一方、drum回転負荷が強いストレスとなり、全身的な交感神経の亢進状態が惹起され、胃運動が抑制され、dysrhythmiaが発生する可能性も否定できない。今回得られた、motion sicknessに伴うEGGのdysrhythmiaの出現については、副交感神経系が関与しているのか、あるいは交感神経系が関与しているのかは明白ではなく、今後の検討課題である。

末梢における皮膚交感神経活動を反映するSSRは精神性発汗の活動に由来しており、手掌皮膚の電位変化として捉えられるもので、コリン作動性交感神経の活動を間接的に評価する指標である。

図5と図6で示した、drum回転負荷によるSSRの亢進は精神的ストレスが引き起こされ、四肢末梢では皮膚交感神経が亢進されたことを示唆している。ストレスによる、視床下部からのcorticotropin releasing hormone (CRH) の放出により、下垂体からadrenocorticotrophic hormone (ACTH) の分泌増加が引き起こされる¹⁹⁾。そのため、交感神経の遠心性活動を亢進させ、SSRの亢進を引き起こすことが考えられ、本研究でのSSRについては研究事実と一致する。

HRについては、図7と図8に示したように、drum回転負荷で増加する傾向が見られたが、群内比較においては統計学的に有意でなかった。しかし、図12と13に示したように「症状あり群」と「症状なし群」における群間比較では「症状あり群」で、回転前に対する回転負荷時および負荷後のHRの比率は有意に高い値を示した。このことは、「症状あり群」では「症状なし群」よりも大きくdrum回転負荷によりHRが増加することを示している。故に、「症状あり群」では、drum回転負荷により、大きなストレス反応が誘発され、SSRの亢進と同様に、HRの増加も引き起こされることが示唆される。従来、motion sickness誘発に伴うHRの変化については、Huら¹⁵⁾やGraybiel¹⁶⁾らによる変化は認められないとする報告とIgarashiら¹⁷⁾の増加するという報告があり、一定した見解は得られていなかった。本研究の事実から自律神経症状が誘発される例では、されない例に比しHRが増加しやすいことが示唆される。

視覚の求心性情報を眼振電図 (ENG) を指標として観察したところ、図9と図10に示したように自律神経症状の発症の有無に関わらず、眼球運動周波数は有意に高くなった。しかし、図12に示したようにdrum回転負荷中は症状のない群に比べ、ある群の方がより眼球運動周波数は高くなる結果が得られた。Huら¹⁵⁾はmotion sickness症状の程度と眼振の発生には関連があると報告おり、本研究の結果と一致する。motion sicknessの誘発には、前庭自律神経反射が関与するといわれている。しかしながらその詳細な求心経路については、現在までに一致した見解は得られていない。ひとつに感覚混乱説²⁰⁾があげられ、optokinetic drumによる回転負荷で、前庭と視覚からの入力情報に差異が生じ、この刺激が迷走神経背側核

付近に存在するといわれる嘔吐中枢などを刺激すると考えられる。両側の前庭機能の廃絶した患者では、motion sicknessが引き起こされないことが報告されており²¹⁾、その発症には前庭機能が深く関与し、drum回転による眼振の誘発自体が入力源となっていることは明らかである。

複数の同時測定した生理学的な指標すなわち、EGG, SSR, HR, ENGを合わせて、motion sickness誘発による自律神経機能への影響を評価したところ、各々の指標ににおいて明らかな変化が見受けられ、それらは相互に、整合性と相関性のあるものであった。本実験デザインは健常人を対象として可逆的な自律神経症状を誘発することが可能であるため、今後、ヒトにおける自律神経機能調節機構の解析を進める手法として大きな意味を持つと考える。

われわれは、内関穴(PC6)への鍼刺激がmotion sicknessによる嘔気を抑制し、胃電図のdysrhythmiaをも減少させることを報告した⁹⁾。それに、今回用いた多項目同時測定による生理学的指標を応用することで、今後より多次元的に自律機能に対する鍼灸の効果と機序を解明できるものとする。

V. 結 語

健常人を対象にoptokinetic drum回転負荷を用いてEGG, SSR, HR, およびENGを同時測定し、motion sickness誘発時における視覚入力の状態と自律神経機能の変化について検討した。

その結果、自律神経症状の発現した群では、drum回転負荷により、EGG正常波成分の減少と、SSRおよびENG眼球運動周波数の増大が認められた。HRについては「症状なし群」に比して「症状あり群」で有意に高い比率（回転負荷前に対する回転負荷中および回転負荷後の比率）を示した。

以上より、optokinetic motion sicknessを誘発し、EGG, SSR, HRおよびENGを自律神経機能の指標として同時に記録することで、ヒトにおける自律神経機能調節機構の解明をより発展させ得ると考える。

VI. 謝 辞

稿を終えるに臨み、終始御教授を賜った明治鍼灸大学外科学教室糸井啓純教授ならびに明治鍼灸大学名誉教授咲田雅一先生に深甚なる謝意を捧げます。研究全般にわたり御指導をいただいた同臨床鍼灸医学Ⅱ教室今井賢治講師に深謝します。また同外科学教室神山順講師、窪田健助手に感謝致します。

尚、本研究の一部は平成14-15年度（社）全日本鍼灸学会研究部プロジェクト研究助成（代表者：今井賢治）を受けて行われた。

参考文献

- 1) 今井賢治：鍼刺激が引き起こすヒトの胃電図、瞬時心拍数および交感神経性皮膚反応の変化とその機序に関する研究。明治鍼灸医学, 19: 45-55, 1996.
- 2) 木村研一, 矢野 忠, 山田伸之ら：SSR・SFR・精神性発汗反応の同時測定による鍼刺激の皮膚交感神経機能に及ぼす影響について。全日本鍼灸学会雑誌, 48 (3): 279-91, 1998.
- 3) Imai K, Kitakoji H: Comparison of transient heart rate reduction associated with acupuncture stimulation in supine and sitting subjects. *Acupuncture in Med*, 21 (4): 133-7, 2003
- 4) 矢野 忠, 河本 呂, 西田直子ら：健康成人の皮膚交感神経反応に及ぼす鍼刺激の効果。明治鍼灸医学, 11: 47-52, 1992.
- 5) Lin X, Liang J, Ren J et al: Electrical acupuncture points enhances gastric myoelectrical activity in humans. *AM J Gastroenterology*, 92 (9): 1527-30, 1997
- 6) Chen R, Kang M. Observation on frequency spectrum of electrogastrogram (EGG) in acupuncture treatment of functional dyspepsia. *J Tradit Chin Med*, 18(3): 184-7, 1998.
- 7) Stern RM, Jokerst MD, Muth ER et al: Acupressure relieves the symptoms of motion sickness and reduces abnormal gastric activity. *Alternative Therapies*, 7(4): 91-4, 2001.
- 8) Stern RM, Koch KL, Stewart WR et al: Spectral analysis of tachygastria recorded during motion sickness. *Gastroenterology*, 92(1): 92-7, 1987.
- 9) 塩見真由美, 今井賢治, 咲田雅一：胃電図を指標としたoptokinetic motion sicknessに対する鍼刺激の影響について。全日本鍼灸学会雑誌, 53(1): 71-80, 2003.
- 10) Irwin JA: The pathology of seasickness. *Lancet*, II: 907-9, 1881.
- 11) Graybiel A, Wood CD, Miller EF, et al. Diagnostic criteria for grading the severity of acute motion sickness. *Aerosp.Med*, 39: 453-5, 1968.
- 12) Stern RM, Senqi Hu, Michel WV et al: Adaptation tovection-induced symptoms of motion sickness. *AviatSpace Environ Med*, 60(6): 566-77, 1989.
- 13) Stern RM, Koch KL, Herschel WL et al. Tachygastria and motion sickness. *Aviat Space Environ Med*, 56(11): 1074-7, 1985.
- 14) Stern RM, Senqi Hu, Richard BA et al: The effect of fixation and restricted visual field onvection-induced motion sickness. *AviatSpace Environ Med*, 61(8): 712-7, 1990.
- 15) Hu S, Grant WF, Stern RM et al. Motion sickness severity and physiological correlates during repeated exposures to a rotating optokinetic drum. *Aviat Space Environ Med*, 62(4): 308-14, 1991.
- 16) Graybiel A, Lackner JR: Evaluation of the relationship between motion sickness symptomatology, and blood pressure, heart rate, and body temperature. *Aviat Space Environ Med*, 51(2): 211-4, 1980.
- 17) Igarashi M, Himi T, Ishii M et al: Studies on R-R intervals and salivation in vestibular-visual conflict sickness. *University space research association division of space biomedicine*: 57-60, 1988.
- 18) Alvarez WC. The electrogastrogram and what it shows. *JAMA*.78: 1116-9, 1922
- 19) Koch KL, Stern RM, Vasey MW et al: Neuroendocrine and gastric myoelectrical responses to illusory self-motion in humans. *Am J Physiol*, 258: E304-10, 1990.
- 20) Reason JT: Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *J Roy Soc Med*, 71: 819-29, 1978.
- 21) Thomas B: Vertigo Its multisensory syndromes.改訂第2版, (株) 診断と治療社, 東京, 471-81, 2003.

The effects on autonomic nerve function of optokinetic motion sickness

[†]Mayumi SHIOMI

¹⁾ *Graduate school of Acupuncture and Moxibustion,*

Meiji University of Oriental Medicine

Abstract

Object : To investigate the effect of optokinetic motion sickness on autonomic nerve function, motion sickness symptoms were evaluated by multi-parametric analyses with electrogastrograms (EGG), sympathetic skin response (SSR), instantaneous heart rate (HR) and electronystagmogram (ENG) recording simultaneously.

Methods : Fifteen normal volunteers were exposed to a rotating vection drum with open eyes. EGG, SSR, HR and ENG were recorded continuously before, during, and after the rotation exposure, and fifteen minutes for each period.

Results : In drum rotating period, the ratio of normal band (2-4 cpm) of EGG activity decreased in the positive group of autonomic nerve symptoms, as compared with the non-symptom group, and SSR, HR and ENG increased in the positive symptom group. In the non-symptom group, changes in EGG, SSR, and HR were not significant, before and during rotating period.

Conclusions : These facts might suspect optokinetic drum-induced nystagmus was the afferent nerve information and the optokinetic nystagmus affected both motion sickness symptoms and efferent autonomic nerve functions.

Received on March 18, 2005 ; Accepted on March 25, 2005

[†] To whom correspondence should be addressed.

Meiji University of Oriental Medicine, Hiyoshi-cho, Nantanshi, Kyoto 629-0392, Japan